

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. А. Матякубов

*Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары*

Эффективность применения солнечных батарей зависит от интенсивности попадания солнечных лучей на ее поверхность, количества солнечных часов и, прежде всего, угла наклона батареи.

Интенсивность попадания солнечных лучей в рассматриваемой площадке зависит от географической широты, времени года, суток, наличия облаков и загрязнений в атмосфере, от угла наклона к горизонту. Для пояснения влияния широты местности и времени года на величину потока солнечных лучей рассмотрим траекторию движения Земли вокруг Солнца, которая представляет собой эллипс с Солнцем в одном из фокусов. Расстояние между Солнцем и Землей изменяется в течение года. Земля ближе всего к Солнцу в декабре и дальше всего – в июне. В начале января, когда Солнце ближе всего находится к Земле, внеатмосферное излучение возрастает до  $1,43 \text{ кВт/м}^2$ , а в июле, когда Солнце дальше всего расположено от Земли, оно уменьшается до  $1,33 \text{ кВт/м}^2$  [1].

Проведем некоторые расчеты: рассматривается точка  $A$  с координатами  $\varphi^\circ$  северной широты,  $\Psi$  восточной долготы, известен номер суток с начала года –  $n$ , о. е.

Расчет склонения солнца –  $\delta$ , часового угла солнца –  $\omega$  и продолжительности солнечного сияния в течение суток  $T_c$  в точке  $A$  (г. Гомель) с координатами  $\varphi = 53^\circ \text{ с. ш.}$ ;  $\Psi^\circ = 28^\circ \text{ в. д.}$ , в рассматриваемые сутки года.

Расчет производится по следующим формулам. Склонение Солнца  $\delta$  в данные сутки  $n$  определяется по следующему выражению:

$$\delta = \delta_0 - \sin(360 - (284 + n)/365)^\circ,$$

где  $\delta_0 = +23^\circ 27' = 23,45^\circ$  для северного полушария;  $n$  – номер суток с начала года (на 31.03.2017 г.  $n = 90$ ):

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin(360 - (284 + 90)/365) = 3,6^\circ.$$

Часовой угол солнца  $\omega$  в точке А ( $\varphi^\circ$  с. ш,  $\Psi^\circ$  в. д.) в рассматриваемый момент местного времени суток  $t$  определяется по формуле

$$\omega^\circ = 15^\circ / \text{ч} \cdot (t - t_{\text{cc}}) + (\Psi^\circ - \Psi^\circ_{\text{зона}_i}),$$

где  $t$ , ч – фактическое местное декретное время;  $t_{\text{cc}}$ , ч – декретный полдень данного часового пояса («летнее» и «зимнее» время), совпадающий со средней долготой данной зоны;  $\Psi^\circ$  – фактическая долгота точки А:

$$\omega^\circ = 15^\circ / \text{ч} \cdot (15 - 13) + (28^\circ - 28^\circ) = 30^\circ.$$

Продолжительность солнечного дня в данные сутки в точке А –  $T_c$  рассчитывается по формуле

$$T_c = 2/15(\arccos(-\text{tg}\varphi^\circ \cdot \text{tg}\delta^\circ));$$

$$T_c = 2/15(\arccos(-\text{tg}53^\circ \cdot \text{tg}3,29^\circ)) = 14,4 \text{ ч.}$$

Найдем оптимальную величину угла наклона солнечной батареи для 31 марта:

$$\alpha = \varphi^\circ - \delta^\circ = 53^\circ - 3,6^\circ = 49,4^\circ.$$

Правильность расчетов можно проверить другим методом (без учета значений инсоляции для данной местности) – способом, где летний угол установки относительно горизонтали находится как разность географической широты минус  $15^\circ$ , т. е. в данном случае  $53^\circ - 15^\circ = 38^\circ$ . Зимний угол, наоборот, есть сумма географической широты плюс  $15^\circ$ :  $53^\circ + 15^\circ = 68^\circ$ , соответственно.

На базе солнечной батареи фирмы «WESWEN» был собран лабораторный стенд (рис. 1) с применением аналого-цифровых приборов для измерения освещенности – цифровой люксметр, тока и напряжения – мультиметр, а также реостат в качестве нагрузки.



Рис. 1. Исследуемый лабораторный стенд

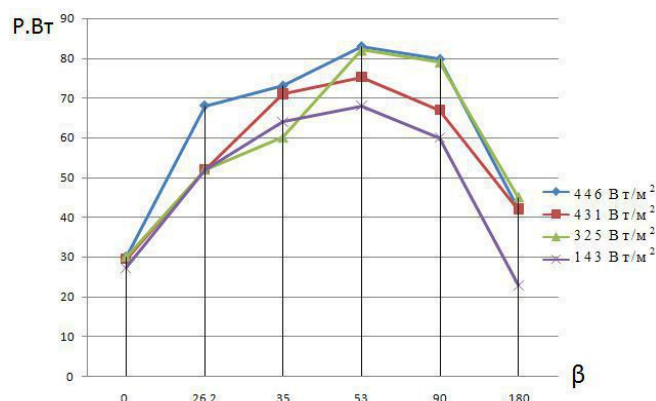


Рис. 2. График зависимости мощности солнечной батареи от угла наклона

Из графика наблюдаем, что имеется пик мощности  $P = 82$  Вт при наклоне установки на  $53^\circ$ , и при дальнейшем увеличении угла наклона наблюдаем уменьшение мощности.

Если установить угол наклона поверхности на 5–10 % меньше или больше указанного угла, то получим не менее 90 % солнечного излучения на поглощающую поверхность.

Продолжительность солнечного сияния от года к году колеблется иногда весьма значительно. Например, в Минске средняя многолетняя продолжительность солнечного сияния составляет 1 815 ч/год; за последние 20 лет максимум – 2 070 ч, минимум – 1 507 ч.

Число дней без Солнца на территории республики колеблется от 95 до 110 в год. Наибольшее среднее число дней без Солнца наблюдается зимой. С ноября по январь – около 20 дней в каждом месяце. В течение самого теплого времени года (май–сентябрь) продолжительность солнечного сияния равна примерно 1 200 ч на севере (Полоцк) и 1 400 ч на юге (Пинск), что составляет 67–71 % от годовой суммы.

Для определения эффективности применения привода мы исследовали график зависимости вырабатываемой мощности солнечной батареи от времени, а точнее, в первом случае мы следили за солнцем (поворачивали на  $15^\circ$  в ч) и снимали характеристику. Во втором случае мы направили солнечный модуль строго на юг и снимали характеристики. Измерения проводились на протяжении 12 ч.

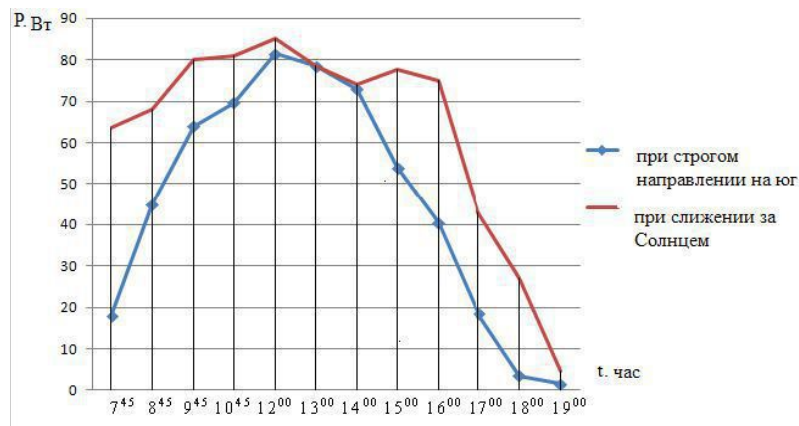


Рис. 3. График зависимости изменения вырабатываемой мощности по времени

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. При сезонном использовании (апрель–сентябрь) солнечного модуля в южной ориентации угол наклона поверхности  $\beta$  к горизонтальной плоскости должен быть  $39^\circ$ , для зимы (декабрь–февраль)  $\beta = 68^\circ$ , для лета (июнь–август)  $\beta = 38^\circ$ , при круглогодичном использовании  $\beta = 53^\circ$ .

2. Проведены исследования эффективности применения привода для слежения за Солнцем. При направлении солнечной батареи строго на юг снимали характеристику и поворачивали ее на  $15^\circ/\text{ч}$  и также снимали характеристику. Экономический эффект от применения привода составил 70 %, но следует учитывать тот факт, что при малых мощностях солнечной электростанции положительного эффекта применения привода не будет.

#### Литература

1. Солнечная энергетика : учеб. пособие для вузов / В. И. Виссарионов [и др.]. – М. : Издат. дом МЭИ, 2008. – 317 с.
2. Лосюк, Ю. А. Нетрадиционные источники энергии : учеб. пособие / Ю. А. Лосюк, В. В. Кузьмич. – Минск : Технопринт, 2005. – 234 с.
3. Кундас, С. П. Возобновляемые источники энергии : монография / С. П. Кундас, С. С. Позняк, Л. В. Шенец. – МГЭУ им. А. Д. Сахарова. – Минск, 2009. – 315 с.
4. Интенсивность солнечного излучения на планете. – Режим доступа: <http://www.greenrevolution.ru>. – Дата доступа: 1.03.2017.